

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ  
UNIVERZITA OSTRAVA**

**HORNICKO – GEOLOGICKÁ**

**FAKULTA**

**INSTITUT ENVIROMENTÁLNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

**Návrh rekonstrukce vodovodu v rámci územního celku Ostrava  
Heřmanice**

**Bakalářská práce**

**Proposal of water supply system reconstruction within the administrative unit Ostrava  
Heřmanice**

Autor:

Jakub Žiška

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Thomas, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut environmentálního inženýrství

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Žiška**  
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 2102R006 Technologie a hospodaření s vodou  
Téma: **Návrh rekonstrukce vodovodu v rámci územního celku Ostrava  
Heřmanice**  
**Proposal of water supply system reconstruction within the administrative  
unit Ostrava Heřmanice**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Obecné přístupy k zásobování obyvatel vodou
3. Popis současného stavu vodovodního řadu v dané lokalitě
4. Koncepční návrh rekonstrukce vodovodu
5. Závěr

Přílohy:

Souhrnné tabelární výstupy výpočtové části vodovodu.

Výkresová dokumentace k zájmovému území:

1. Přehledná a podrobná situace
2. Podélné profily
3. Vzorový příčný řez
4. Uložení potrubí
5. Kladečské schéma

Seznam doporučené odborné literatury:

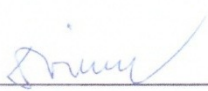
Dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

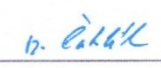
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Thomas, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014

  
prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.  
vedoucí institutu



  
prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.  
děkan fakulty

## Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval(a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu. Ve své programové aplikaci jsem použil modul pro transformaci vektorových dat mezi prostorovými referenčními systémy, vytvořený ing. Markétou Hanzlovou.
- Byl(a) jsem byl seznámen(a) s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne

Plné jméno autora

Podpis autora

## **Anotace**

Tato bakalářská práce navrhuje řešení rekonstrukce vodovodu v městské části Ostrava-Heřmanice. Rekonstrukce spočívá v demontáži stávajícího vodovodního řadu a nahrazením novým řadem s dodatečnými úpravami řadu. Tento návrh by měl vést ke zvýšení životnosti vodovodního řadu a zlepšení ekonomického provozu dodávek pitné vody v městské části. Zároveň by měl být zachován trvale udržitelný rozvoj, bez negativních vlivů na okolní životní prostředí, jak při rekonstrukci tak při provozu vodovodu. V praktické části byl zpracován návrh rekonstrukce vodovodu s výkresovou dokumentací, doloženou hydraulickým výpočtem dimenze potrubí, které najdete v příloze této práce.

Klíčová slova:

Rekonstrukce

Zásobování

Voda

Vodovod

## **Summary**

This thesis proposes a solution to the reconstruction of water supply system in the city of Ostrava-Heřmanice. Reconstruction involves removing the existing water mains and replacement by a new water supply system with a number of additional modifications. This proposal would lead to an increase in the service life of water mains and improve the economic working of water supply system in the city district. It should also be maintained sustainable development, without negative impact on the surrounding environment, both reconstructions of water supply system and during working. In the practical part was created proposal of water supply system reconstruction with the drawings, accompanied by hydraulic calculation pipe dimensions, which can be found in the attachment to this report.

Klíčová slova:

Reconstruction

Water supply system

Water

## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Obecné přístupy k zásobování obyvatel vodou .....	2
2.1	Historie zásobování vodou .....	2
2.2	Distribuční systém.....	2
2.3	Zdroje surové vody .....	3
2.4	Zařízení pro jímání vody ze zdrojů. ....	4
2.4.1	Zařízení pro jímání podzemní vody .....	4
2.4.2	Zařízení pro jímání povrchových.....	5
2.5	Úprava surové vody na vodu pitnou .....	6
2.6	Části veřejného vodovodu.....	7
2.6.1	Popis materiálu potrubí .....	8
2.6.2	Tvarovky .....	11
2.6.3	Armatury .....	13
2.6.4	Objekty na vodovodním řadu .....	15
2.6.5	Výkopové a bezvýkopové technologie .....	17
2.7	Základní požadavky na vodu pitnou .....	19
3	Popis současného stavu vodovodního řadu v dané lokalitě .....	19
3.1	Popis lokality.....	19
3.2	Geologické poměry .....	21
4	Koncepční návrh rekonstrukce vodovodu .....	22
4.1	Popis rekonstrukce .....	22
4.1.1	Stávající vodovodní řad .....	22
4.1.2	Rekonstruovaný vodovodní řad .....	23
4.2	Hydrostaticky výpočet potrubí .....	25
4.2.1	Analýza zásobního objemu .....	35

4.3	Popis části vodovodního řadu .....	36
4.3.1	Objekty na rekonstruované části .....	36
4.4	Provedení rekonstrukce .....	37
	Rozpočet pro provedení rekonstrukce .....	39
5	Závěr .....	41
6	Seznamy .....	42
6.1	Bibliografické citace .....	42
6.2	Seznam obrázků .....	44
6.3	Seznam tabulek .....	45
6.4	Seznam příloh .....	46

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janu Thomasovi, Ph.D. za vstřícný přístup a cenné rady. Dále děkuji panu Ing. Čestmíru Krkoškovi za poskytnuté podklady pro vypracování praktické části a panu Bc. Daliboru Rajnochovi za věcné připomínky a náměty.

## 1 Úvod

Vývoj lidské civilizace je nedílně spjat s výskytem vodních zdrojů v její blízkosti. Ať už pro zajištění potravy či obchodních styků s okolím. Z těchto důvodů lidé osidlovali břehy řek a jezer. V závislosti na rozšiřování městské zástavby byla snížena dostupnost vody pro obyvatelstvo nacházející se ve vzdálenějších městských částech. Z tohoto důvodu se tyto městské části zásobovaly pomocí studní. Tyto zdroje ovšem nemohly pokrýt potřebu stále se rozrůstající populace a potřeb vody pro zemědělství. A proto s pokročilejšími stavebními technologiemi se začaly budovat akvadukty. Pro dopravu vody ze vzdálenějších zdrojů.

S dalším vývojem průmyslových technologií a lidských potřeb se začaly budovat sofistikovanější systémy zásobování obyvatel, průmyslu a zemědělství vodou. V současné době používaný systém distribuce vody je velice rozmanitý. Ať už pro technická řešení k zajištění funkcí distribučního systému tak pro materiálovou rozmanitost. O všem všechny použité materiály mají omezenou dobu životnosti používání. Dnes se již dostáváme ke konci možnostem jejich životnosti či potřebné kapacity dopravované vody. Proto se v současné době začínají objevovat rekonstrukce stávajících vodovodních řádů.

Tato skutečnost značně ovlivnila volbu tohoto tématu k mé bakalářské práci. Nelze o všem provádět rekonstrukci bez znalostí stávajícího systému. A proto se v teoretické části budu zabývat jednotlivými funkčními celky distribučního systému. Ať už funkcí, kterou tyto celky plní tak jejich konstrukcí a materiálem ze kterého jsou zhotoveny. Tyto informace se následně budu snažit využít v praktické části při návrhu řešení rekonstrukce vodovodu v Ostravě – Heřmanicích. V závislosti na individuálním řešení této lokality a jejího stávajícího uspořádání. Z hlediska použití vhodného rozvodného systému, materiálu či návrhu vhodné dimenze.

Tak abych tímto návrhem zajistil kontinuální, kvantitativní a hlavně kvalitní dodávku pitné vody pro obyvatele této lokality. Při ekonomické příznivé možnosti realizace návrhu této rekonstrukce. Zároveň tato bakalářská práce by měla popsat a poskytnout ucelený pohled na současně používaný systém distribuce pitné vody pro obyvatele a průmysl jednotlivých distribučních celků.

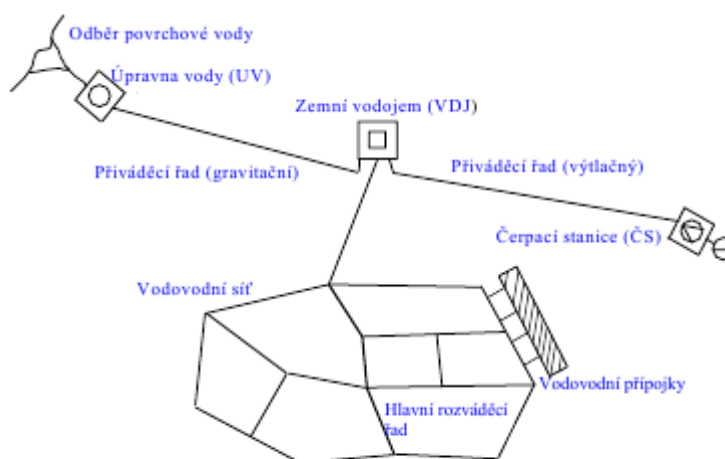




rozvádí vodu do jednotlivých ulic. Rozvodné systémy se dělí na větvený, kruhový, kombinovaný.[1][2]

Protože tento distribuční systém funguje na základě tlakových poměrů v potrubí, je důležité zajistit v rozvodném systému minimální hydrodynamicky a maximální hydrostatický přetlak. Minimální hydrodynamický přetlak v rozvodné síti v místě přípojky je 0,25 MPa. Maximální hydrostatický přetlak v nejnižších místech vodovodní sítě je 0,6 MPa. Pro požární účely je nutný maximální hydrostatický přetlak na hydrantu 0,2 MPa a minimální hydrodynamický přetlak 0,05 MPa.[16] K zajištění těchto tlakových poměrů se používají vodojemy a čerpací stanice. K regulaci tlakových poměrů slouží regulační ventily umístěné v armaturové šachtě. Pro návrh a zhodnocení tlakových poměrů ve vodovodní síti se v praxi používá Bernoulliho rovnice, která vyjadřuje zákon zachování energie.[2][3]

Spotřebitelé jsou napojeni na vedlejší řady pomocí vodovodních přípojek. Vodovodní přípojky končí na hranici objektu, kde začíná vnitřní vodovod. O funkčnost řadu se stará jeho provozovatel, kterým mi jsou v Moravskoslezském kraji Smvak a. s. a Ovák a.s.



**Obr. 2 Schéma distribučního systému[16]**

## 2.3 Zdroje surové vody

Jako zdroje surové vody se využívají podzemní zdroje nebo povrchové zdroje. Podzemní zdroje jsou vody, které se vyskytují v nesoudržných horninách, v jejich puklinách, mezerách mezi zrny nebo v pórech zrn. Podzemní voda se může nacházet jak na omezeném území, tak i na velké ploše s mocností až několik desítek metrů. Jako zdroj podzemní vody je nejvhodnější voda volná, která se v hornině pohybuje vlivem gravitačních sil. Voda, která se nachází pod nepropustnou vrstvou nadloží a má napjatou hladinu se nazývá artézská. Podzemní zdroje patří mezi nejkvalitnější zdroje surové vody a to především díky nulovému obsahu organických látek a přirozené ochraně proti znečištění. Tato ochrana je závislá na hloubce, v níž se voda nachází. Hloubka spolu

s horninovým prostředím dále ovlivňuje chemické složení vody. Toto složení je pro podzemní vodu charakteristické vyššími koncentracemi oxidu uhličitého a nízkým obsahem kyslíku. Dalšími látkami v podzemní vodě jsou hydrogenuhlíkaty, sírany, hořčík, vápník, chloridy, sodík. Voda z velké hloubky má vyšší obsah železa a manganu. Voda z menší hloubky má vyšší obsah dusičnanů. V závislosti na místě zdroje je možný výskyt radonu. Hodnoty pH podzemní vody jsou v rozmezí 5,5 - 7,5 a teplota je od 5 - 13°C.[2][16]

Povrchové zdroje vody se dělí na tekoucí a stojaté. Tekoucími zdroji vody jsou vodní toky a stojatými jsou vodní nádrže. Voda z povrchových zdrojů vyžaduje vyšší stupeň úpravy než voda z podzemních zdrojů, protože voda z povrchových zdrojů je náchylnější k znečištění a tudíž má horší kvalitu než voda podzemní. Kvalita povrchové vody je ovlivněna větším množstvím organických látek a vyšší koncentrací rozpuštěného kyslíku.pH je v rozmezí 6 – 8,5.[2][16]

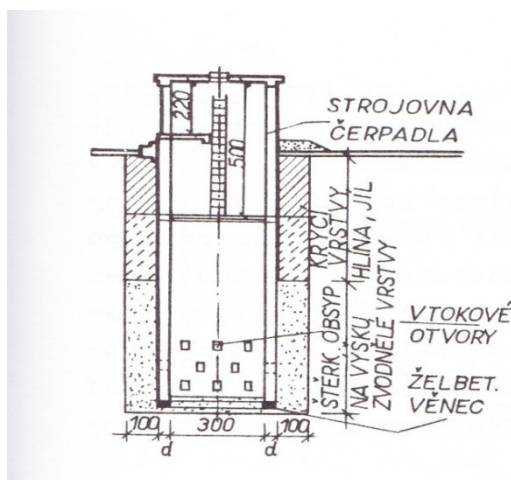
## 2.4 Zařízení pro jímání vody ze zdrojů.

Zařízení pro jímání vod z podzemních a povrchových zdrojů musí splňovat účely technické, hygienické a vodohospodářské.

### 2.4.1 Zařízení pro jímání podzemní vody

#### Studny

Jsou to vertikální zařízení pro jímání a odběr podzemní vody. Studny se zhotovují kopáním nebo vrtáním pomocí vrtné soupravy. Kopané šachtové studny se zhotovují do hloubek 10 až 15m a průměru do 5m. Pro zabezpečení funkce studny a čistoty jímání vody se studny vyzdívají kamennou vyzdívkou nebo pomocí prefabrikovaných železobetonových skruží. V současné době jsou preferovány studny vrtané. Tyto studny se vrtají pomocí vrtné soupravy do hloubek až 100 m. Vrty se provádějí v průměru 50 – 350mm s vystrojením zárubnicí. Materiál zárubnic je PVC-U, PEHD, ocel, nerez.[1][2]

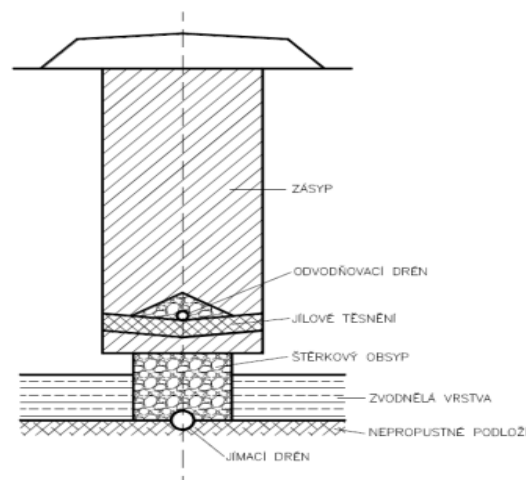


Obr. 3 Šachtová studna[3]

### Jímací zářezy

Jsou horizontální zařízení. Používají se k jímání podzemní vody při malé mocnosti zvodnělé vrstvy na svazích, kde je nepropustné podloží. Budují se z perforovaného kameninového popřípadě z PVC potrubí, se stěrkovým obsypem a filtrační textilií. Potrubí je svedeno do sběrných jímek. Odkud je voda odčerpávána k dalšímu využití.[3][12]

Pro velké množství vody se budují obdobné zařízení a to průchozí štoly (galerie). Štoly se budují ve skále. Pro větší stabilitu štol se zabezpečují ocelovým či dřevěným pažením nebo cihelnou, kamennou obezdívkou. Pro zpevnění stěn se také používá železobeton.[6]



Obr. 4 Jímací zářez[16]

### Radiální studny

Jsou kombinací části vertikální a horizontální. Vertikální částí je studna šachtová, na kterou jsou napojeny horizontální sběrače. Při této kombinaci se zvětšuje odvodňovaná plocha a zvyšuje se vydatnost studny.[2][6]

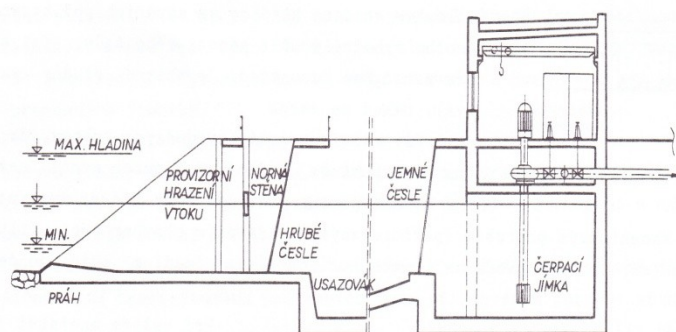
### Pramenní jímky

Zřizují na pramenech, kde byl proveden několika letý průzkum vydatnosti a jakosti vody z pramene. Po zhodnocení podmínek a zhodnocení typu vývěru se zvolí vhodný typ jímací jímky.[1][3]

#### 2.4.2 Zařízení pro jímání povrchových

Jímací objekty pro povrchové vody rozdělujeme na zařízení pro jímání tekoucích vod a pro jímání stojatých vod.

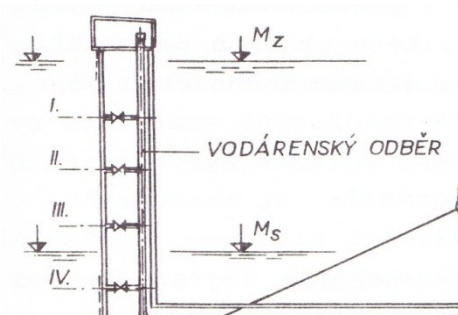
Zařízení pro jímání tekoucích vod jsou závislé na velikosti toku, splaveninovém režimu, množství odebírané vody, kolísání hladiny a na místních podmínkách. Při navrhování vhodného způsobu odběru musíme také vzít v úvahu ochranu objektu před plovoucími objekty, jako např.: větve stromů či ledové kry. Objekt musíme také chránit před sunutými splaveninami za pomoci např.: vtokového prahu. [1][3][12]



Obr. 5 Břehové odebírací zařízení[13]

K samotnému odběru z toku lze použít odběr z jezové zdrže nebo dnový odběr. Dnový odběr se uplatňuje nejčastěji u toku bystrinného charakteru. Jelikož jsou bystrinné toky velice agresivní na břehy a jejich hladina je velice rozkolísaná, upřednostňuje se dnový odběr. Odběr z jezové zdrže se uplatňuje na nížinných tocích s nízkou břehovou agresivitou a jsou vhodnější pro větší množství odebírané vody. [2]

Stojaté vody jímáme z přírodních nádrží, jako jsou jezera nebo z umělých přehradních nádrží. Jímání vody ve vodních nádržích je vhodnější kvůli možnosti stabilnímu a kvalitnímu odběru vody. Kvalitu odebírané vody ovšem značně ovlivňuje teplotní režim v nádrži, který musí být zohledněn při odběru.[2][3]



Obr. 6 Věžové odebírací zařízení[3]

Pro odběr vody z hlubokých nádrží využíváme věžových odběrných objektů. Tyto objekty jsou konstrukčně řešeny tak, aby byl možný odběr z různých hloubek nádrže, což respektuje teplotní režim v nádrži. Věže bývají samostatně stojící nebo spojeny s břehem či hrázi. Pro odběr z mělkých nádrží jakými jsou rybníky či jezera s malým kolísáním hladiny se užívají břehové jímací objekty.[3][12]

Pro jímání vod povrchových nebo podzemních je nutné dodržet ochranné pásmo, které mají zajistit hygienickou nezávadnost vody v jímacích objektech. Jímací zařízení jsou vždy konstruována tak aby nedošlo k poškození životního prostředí.[2][3]

## 2.5 Úprava surové vody na vodu pitnou

Vodu získanou ze zdrojů podzemních nebo povrchových nelze označit jako vodu pitnou. Protože voda z těchto zdrojů je do jisté míry znečištěna a má odlišné parametry než voda pitná. Voda získaná z podzemních nebo povrchových zdrojů se označuje za vodu surovou a pro použití a distribuci se musí upravit. [1][16]

Úprava vody je fyzikálně-chemický proces, který lze rozdělit do několika stupňů. Jednotlivé stupně jsou odlišné podle druhu zdroje surové vody. Surová voda na vstupu do úpravní vody musí být předčištěna, aby hrubé nečistoty nesnížily účinnost a výkon úpravní. Toto předčištění se provádí mechanicky za pomoci česlí, které odstraní plovoucí nečistoty. Nejprve na hrubých česlích, kde je mezera mezi tyčemi 50 - 150mm a posléze na jemných česlích 1 – 20 mm. Dále je zapotřebí zbavit vodu písku, k tomuto slouží lapáky písku. Voda zbavená hrubých nečistot a písku je připravena k aeraci. Aerace neboli provzdušnění má za účel ve vodě odstranit  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{S}$ . Spolu s odstraněním  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{S}$  při aeraci probíhá oxidace Fe a Mn. Aeraci provádíme pomocí kaskád, věží nebo tryskami.[2][16]

V další fázi úpravy vody se přidávají koagulační činidla pro vysrážení koloidních částic. Po přidání koagulačního činidla se koloidní částice shlukují ve větší agregáty, které se posléze z vody odstraňují pomocí sedimentace v sedimentačních nádržích, nebo za pomoci čířičů. Tyto zařízení vznikly v reakci na nedostatečný výkon sedimentačních nádrží. Čířiče jsou zařízení pomocí, kterých se odstraňují vysrážené částičky průchodem přes vločkový mrak ve vznosu. Vločkový mrak je ve vznosu udržován mechanicky nebo hydraulicky. Předposledním úpravářským procesem je filtrace. Filtrace se používá jako rychlofiltrace nebo pomalá filtrace. Pomalá filtrace se odehrává v nádrži s vrstvou písku přes který se voda filtruje za pomoci gravitační síly. Rychlo filtrace probíhá v uzavřených tlakových nádobách přes vrstvu filtrátu. Tyto filtry pracují v režimech filtračním a pracím. Prací režim probíhá v důsledku zanesení filtru a tím snížení jeho účinnosti. Posledním procesem je desinfekce vody pomocí chlóru nebo pomocí UV záření. Při desinfekci chlóru je důležité dbát na správné dávkování.[1][2]

Složení povrchových a podzemních vod je zcela odlišné i jejich kvalitativní vlastnosti jsou odlišné. Tudíž nelze použít jeden univerzální systém úpravy vody na oba dva zdroje. Proto se liší úprava vody pro povrchové vody od úpravní pro podzemní vody ve skladbě procesů.[2][16]

## 2.6 Části veřejného vodovodu

Veřejný vodovod je tvořen hlavním řadem a vedlejšími řady vodovodů. Tyto řady rozdělujeme na síť větvenou, kruhovou a kombinovanou.

1. Větvená síť je tvořena hlavním řadem s vedlejšími větvemi. [1]
2. Kruhová síť je tvořena hlavním příváděcím řadem, který je zacyklen a rozvětven do vedlejších řadů.[1]
3. Kombinovaná vodovodní síť je tvořena z části větvenou sítí s napojenou větvenou částí.[1]

Rozvodné sítě veřejného vodovodu jsou tvořené potrubím. Potrubí pro veřejný vodovod lze charakterizovat základními parametry, jakými jsou materiálové vlastnosti potrubí a jeho jmenovitá světlost. V technické praxi a v normách se jmenovitá světlost označuje zkratkou DN a číselným označením, které udává jmenovitou světlost potrubí v celém čísle v milimetrech. Potrubí se vyrábí v různých DN řadách podle normy ČSN EN 805 to jsou: 20, 30, 40, 50, 60, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500,

600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1250, 1300, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000, 2100, 2200, 2400, 2500, 2600, 2800, 3000, 3200, 3500, 4000. Nejmenším DN pro vodovody je DN 80 a to z důvodu požární potřeby v zastavěné lokalitě.[8][4]

Materiál potrubí musí být zdravotně nezávadný a nesmí mít vliv na jakost pitné vody v něm dopravované. Pro budování vodovodních řadů se upřednostňují materiály jako tvárná litina, PVC, sklolaminátu nebo vysoko-hustotní polyetylen (PE). Při rekonstrukcích vodovodu se můžeme také setkat s potrubím z ocele, šedé litiny, azbestocementu, betonu.[3][16]

### 2.6.1 Popis materiálu potrubí

#### ***Šedá litina***

Šedá litina je slitina Fe a C. Obsah uhlíku se pohybuje v rozsahu 2,2 – 4 %. Rozdíl mezi ocelí a litinou je ve výskytu C ve slitině. Zatím co v oceli je uhlík sloučen se železem, v litině je uhlík oddělen ve formě lamel.[3]

Výhody :

- Korozi vzdorný
- Schopnost tlumení chvění
- Odolnost proti otěru

Nevýhody:

- Křehkost
- Nízká mez pružnosti
- Nízká pevnost

Šedá litina byla díky svým vlastnostem, jakými jsou odolnost proti otěru a korozi vzdornost v minulosti hojně využívána. Vodovody ze šedé litiny se používají do dnes, byla používána jak v agresivních půdách tak i v neagresivních.[16]

Nejčastějším způsobem spojování potrubím ze šedé litiny je spoj SKD. Jedná se o spoj hrdlový s pryžovým těsněním. U větších DN se používá ucpávkový spoj.[16]

Šedá litina se dnes již prakticky nevyrábí a je nahrazována tvárnou litinou.[3][16]

#### ***Tvárná litina***

Je obdobou šedé litiny se od ní liší formou uhlíku v jakém se ve slitině vyskytuje. U tvárné litiny je to v kulovitě tvaru, kterého se dosahuje přidáním určitého množství hořčíku. [16]

Výhody:

- Vysoká životnost
- Odolnost proti mrazu
- Odolnost proti otěru
- Formovatelnost

Potrubí z tvárné litiny se spojuje nejčastěji pomocí hrdlových spojů, které umožňuje kombinovat potrubí s potrubím z šedé litiny. Armatury se napojují pomocí přírubového spoje.[16]

### ***Ocelové potrubí***

Je potrubí vhodné pro vodovodní řady, které jsou namáhány velkým tlakem a statickým zatížením. Z chemického hlediska je ocel slitinou Fe, C, P a Si. Dnes se využívá pouze ve specifických podmínkách uložení.[16]

Výhody:

- Vysoká pevnost
- Pružnost
- Odolnost proti únavě

Nevýhody:

- Odolnost vůči korozi

Ocelové potrubí je vlivem nízké korozi vzdornosti nutné chránit. Ochrana ocelového potrubí se provádí pomocí PE nebo cementové vystýlky. Pro vnější ochranu se užívá katodická ochrana. [16]

Spojování ocelového potrubí se provádí svařováním nebo pomocí přírubového spoje. Pro spoje, které je třeba rozebírat se volí spoj přírubový.

### ***PVC***

Potrubí z polyvinylchloridu (PVC) bez obsahu změkčovačů je používáno k budování vodovodních řadů v hlinitých zeminách s malým statickým zatížením. Rozměry a ostatní parametry odpovídají normě ČSN EN 1452. Potrubí se spojuje pomocí nástrčných hrdel, které se zajišťuje lepením nebo pomocí mechanických svěrných svorek. U používání PVC potrubí je nutné dbát na správné skladování, dopravu a na správné uložení potrubí ve výkopu. [16]

Výhody:

- Malá drsnost
- Hmotnost potrubí

Nevýhody:

- Citlivost na špatné provedení pokládky
- Pokles pevnosti v čase



- Citlivost na slunce

## **PE**

Polyetylenové potrubí (PE) se vyrábí z vysoko hustotního polyetylenu. Ve dvou typech PE 80 a PE 100. Pro typ PE 80 je tahová síla 0,79 kN pro typ PE 100 1 kN. Parametry a rozměry potrubí definuje norma ČSN EN 12 201. Potrubí se zhotovuje v černé barvě s modrým pruhem. O délkách 6 a 12 m do DN 110 je možné potrubí dodat délkách 100 – 500 m. Potrubí je možno používat pro neagresivní látky do teploty 20°C a do tlaku 1,6 MPa. Standardní rozměrový poměr (SDR) se zvoleným bezpečnostním koeficientem K. Pro vodu minimálně 1,25. [16]

Spojování PE potrubí provádí několika způsoby. Nejpoužívanějším je svařování. Svařování se provádí natupo, nátrubkové nebo za pomoci elektrovarovek. Svařování musí provádět pracovníci vlastníci svařovací průkaz pro svařování plastů. Další možností spojování potrubí je mechanickými spojkami, které umožňují spojovat PE s různými materiály.[16][4]

## **Sklolaminátové**

Potrubí je tvořeno skelnými vlákny, křemičitým pískem a polyesterové pryskyřice. Vyznačuje se vysokou pevností, nízkou hmotností a teplotní stálostí. Jsou vyráběny v délkách až 12 m. [16]

## **Azbestocementové**

Potrubí se dnes již nepoužívá. Používalo se do 80 let minulého století. Hlavním důvodem proč se dnes již nepoužívá je použití azbestu, který je považován za karcinogenní. Mezi jeho přednosti patřila odolnost proti korozi a životnost.[16]

## **Betonové**

Potrubí se vyznačuje vysokou pevností a odolností proti namáhání. Používalo se pro budování hlavních příváděcích řadů velkých profilů. Spoje byly prováděny pomocí vnitřního hrdla těsněným gumovými těsnícími pruhy. Pro řešení armatur se do řady vkládaly ocelové kusy jako vzdušník a pro přechod pod cestou.[16]

## 2.6.2 Tvarovky

Pro změnu profilu, materiálu, trasy veřejného vodovodu slouží tvarovky. Materiál tvarovek by měl odpovídat materiálu vodovodního potrubí. K napojení tvarovek na potrubí se používají svařované, hrdlové a přírubové spoje. Podle druhu materiálu a výrobce je určován typ spoje.[1][16]

### ***Tvarovky na vodovodním potrubí rozlišujeme:***

- F-kus - sloužící k napojení armatur na potrubí pomocí přírubového spoje.



Obr. 7 F-kus[16]

- FF-kus –napojení přírub na obou koncích potrubí.



Obr. 8 FF-kus[16]

- T-kus –k rozvětvení řadu. V úhlech 45° a 90° podle výrobce.



Obr. 9 T-kus 90°[16]



Obr. 10 T-kus 45° [16]

- TT-kus - rozvětvení řadu ve dvou směrech v úhlu 90°.



Obr. 11 TT-kus [16]

- Oblouk – odbočení vodovodního řadu v úhlu  $11^\circ$  a  $22^\circ$ .
- Koleno – odbočení řadu v úhlu  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ .



Obr. 12 Koleno [16]

- N-kus – koleno  $90^\circ$ s patkou.



Obr. 13 Koleno  $90^\circ$ s patkou [16]

- U-kus – přesuvka.



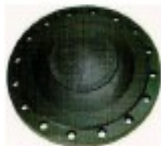
Obr. 14 U-kus [16]

- R- kus – sloužící ke změně profilu.



Obr. 15 R-kus [16]

- X-kus – zaslepující vodovodní řad.



Obr. 16 X-kus [16]

### 2.6.3 Armatury

Armatury na rozvodném potrubí zajišťují funkčnost a ovladatelnost vodovodního rozvodu. Napojení na potrubí se provádí pomocí rozebíratelných spojů např.: přírubami. Materiálem armatur je většinou šeda litina. Protože její vlastnosti jako je koroze vzdornost a možnost tvarování do libovolných forem jsou ideální pro vodovodní armatury. Pro části, jakými jsou hřídele, je vhodné použít např.: nerezovou ocel. Pro těsnění se používá nejčastěji syntetický kaučuk.[1][16]

Hlavními požadavky na armatury jsou:

- Ovladatelnost
- Těsnost
- Funkčnost
- Odolnost materiálu proti korozi
- Hygienická nezávadnost

#### **Druhy armatur:**

- **Šoupátko**

Je uzavírací armatura, která umožňuje otevřít celý průřez průtoku vody. Šoupátka se rozdělují podle těsnění uzavíracího vřetene na kovově těsnící a měkkotěsnící. Kovově těsnící těsní stykem vřetene a tělesem armatury, ale vlivem opotřebení se těleso deformovalo a tím vznikaly netěsnosti šoupátka. Měkkotěsnící jsou v místě uzavírání opatřeny plastovým těsněním, které dokonale zacelí možné netěsnosti dané opotřebením vřetene. Šoupátka se do potrubí napojují pomocí závitového šroubení, přírubového, hrdlového spoje nebo navařením.[16]

- **Uzavírací Klapka**

Je armatura sloužící k uzavírání potrubí pomocí klapky otáčející se o 90° kolem osy potrubí napříč prouděním. Pouhým pootočením zůstává klapka v profilu potrubí, čímž brání volnému průtoku.[16]



Obr. 17 Šoupátko[vlastní foto autora]

- **Kulové kohouty**

Jsou uzavírací armatury, ve kterých je uzavíracím tělesem koule uložena excentricky s vyvrtaným otvorem. K uzavření profilu dochází pootočením koule kolem osy o 90°. Tento typ armatury se nejvíce hodí pro uzavírání potrubí pro neupravenou vodu. [16]

- **Vzdušník**

Je samočinná armatura sloužící k odvzdušnění potrubí na nejvyšších místech řadu. Fungující na stavu tlaku v místě napojení vzdušníku. Zavzdušnění potrubí je způsobeno nashromážděným vzduchem v potrubí, který mění tlakové poměry v potrubí. Změna tlakových poměrů omezuje funkčnost vodovodního řadu. Při vypouštění vody z vodovodního potrubí je třeba toto potrubí zavzdušnit. Pro tento účel lze také použít vzdušník. [16]

- **Hydranty**

Jsou odběrné armatury nacházející se na vodovodním potrubí. Primárně slouží k odběru vody pro požární účely. Sekundárně lze hydranty používat k odvzdušnění, odkalení, tlakovému odlehčení a k nouzovému přepojení částí vodovodního potrubí. Hydranty se osazují na vodovodní řad ve dvou variantách a to podzemních a nadzemních.[16]

**Podzemní hydrant** se vyrábí v DN 80 a DN 100. Podzemní hydranty patří k nejpoužívanějším, protože je riziko poškození minimální, neomezují dopravu a jejich montáž je poměrně snadná. Velkou nevýhodou je možná nedostupnost vlivem špatně zaparkovaného auta nebo jeho nalezení za špatných světelných podmínek.[16]

**Nadzemní hydranty** jsou charakteristické nadzemním stojanem s přípojkami pro připojení. K otevření hydrantu se používá speciální klíč. Jsou vyráběny v DN80, DN100 a DN150. Za nevýhody lze považovat vyšší pořizovací náklady, Nemožnost napojení na řad ležící v dopravním prostoru a jisté dopravní omezení v okolí hydrantu. Výhodou je viditelné umístění, rychlý přístup a obsluha. [16]



Obr. 18 Podzemní hydrant[vlastní foto autora]



Obr. 19 Nadzemní hydrantvlastní foto autora]

#### 2.6.4 Objekty na vodovodním řadu

Pro správnou funkčnost vodovodního řadu se budují provozní objekty, které tuto funkci podporují. Mezi tyto funkce patří možnost kompenzace spotřeby vody v době maximálního odběru, zajištění tlakových poměrů ve vodovodním řadu a akumulace požární vody pro danou lokalitu. V neposlední řadě i zařízení k napojení spotřebitelů k vodovodnímu řadu. Pro tyto účely se na vodovodním řadu zřizují objekty, jakými jsou vodojemy, čerpací stanice a vodovodní přípojky.[16]

#### **Čerpací stanice**

Jsou objekty sloužící k zajištění tlakových poměrů ve vodovodním řadu. Umisťují se v místech, kde není možné vykonávat dopravu vody gravitačně nebo pro zvýšení tlaku v potrubí.

Tyto stanice se zřizují pro čerpání surové vody ze zdroje nebo pro pitnou vodu ve vodovodních řadech a v situacích kdy je nutné vodu přečerpat do výše položených míst např.: do vodojemu.

Čerpací stanice se navrhují pokud možno co nejjednodušší. Proto se pro čerpání z vrtaných studen používají často ponorná čerpadla. Pro akumulační nádrže se budují čerpací stanice nad nádrží. Samostatně stojící čerpací nádrže jsou navrhovány jako samostatně stojící objekty. A jsou rozděleny na strojovnu s čerpadly, armaturovou komoru a místnost s elektro-technickými zařízeními. Stanice bývají dnes plně automatické s dohledem z dispečinku.[7][16]

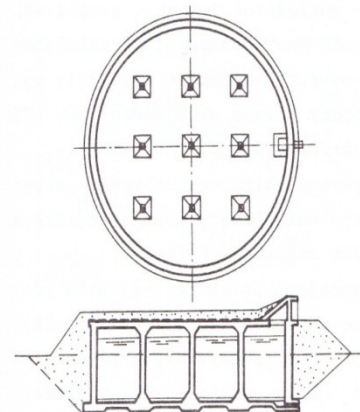
## Vodojemy

Jsou v podstatě zastropené nádrže, které jako objekty na vodovodním řádu plní funkci akumulační, kompenzační a tlakovou. Akumulace vody ve vodojemu je pro účely požární. Prioritně se akumulují vody pro pokrytí výkyvu spotřeby vody ve spotřebišti, což je funkce kompenzační. Velký vliv na funkci vodojemu má také místo ve kterém je vodojem navržen. Proto se vodojemy umísťují na vyvýšených místech v okolí spotřebišť. V případě nedostatečného převýšení se volí věžový vodojem.[1][2][7]

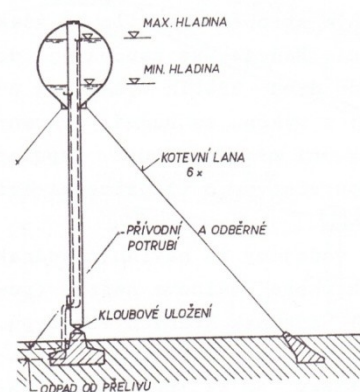
Vodojemy se staví v provedení podzemním, nadzemním a věžovým. Podzemní vodojem je vodojem se dnem nádrže zapuštěný pod úroveň terénu. Zapuštění bývá z poloviny nebo dvou třetin výšky nádrže. Materiál z výkopu se používá k obsypu stěn vodojemu, které jsou nad úrovní terénu. Podzemní vodojem se staví ve dvou typizovaných tvarech jako krabicový vodojem a válcový vodojem. Objem válcových vodojemů je od  $50 \text{ m}^3$  do  $1000 \text{ m}^3$ . Krabicové vodojemy mají objem od  $250 \text{ m}^3$  do  $6000 \text{ m}^3$ . Konstrukce podzemního vodojemu je převážně železobetonová monolitická s požitím prefabrikovaných stropních panelů. Pod konstrukcí vodojemu se počítá s unikem vody. Proto je pod vodojemem vybudovaný drenážní systém s měřením tak to odvedené vody.[2]

Nadzemní provedení vodojemu je konstrukčně obdobné jako u podzemních vodojemů jen s rozdílem že dno nádrže se nachází v úrovni terénu.

Věžový vodojem je nádrž postavená na podpůrné konstrukci ve výšce potřebné pro plnění funkce vodojemu. Plnění vodojemu je většinou prováděno čerpací stanicí v blízkosti vodojemu. Čerpací režim je pokud možno co nejvíce optimalizován na spotřební režim, tak aby byla zabezpečena funkčnost vodojemu. Konstrukční prvky věžového vodojemu jsou postaveny ze železobetonu nebo oceli, popřípadě v jejich kombinacích. Nádrž je opatřena ochranným izolačním pláštěm. Věžové vodojemy se budují v objemech  $50$ ,  $100$  až  $200 \text{ m}^3$ . Kovová konstrukce se využívá především u menších objemů vodojemu. Pro větší objem nádrže se používá železobetonová



Obr. 20 Půdorys a řez kruhovým podzemním vodojemem [3]



Obr. 21 Ocelový věžový vodojem s popisem [3]

konstrukce. [2][7]

### ***Chráničky***

Jedná se o způsob ochrany potrubí vedeného v místech velkého statického namáhání například v místě křížení potrubí s komunikací. Chráničky se zhotovují PE, nebo z PVC z nekorodujících materiálů.[1]

### ***Kolektory***

Jsou to podzemní prostory sloužící k vedení inženýrských sítí. Zřizují se v lokalitách, kde by bylo problematické vedení rozvodů v zemi. Budují se z železobetonových prefabrikátů jako průchodné nebo průlezné. Největší výhodou je rychlý přístup k inženýrským rozvodům. Kolektory musí být odvodněny gravitačně s jímací jímkou, odkud lze vodu čerpat. Vodovod se v kolektoru umísťuje pokud možno co nejnižší.[16]

### ***Armaturní šachty***

Armaturní šachty jsou budovány pro umístění zařízení, které je nevhodné umísťovat do země. Jako je například vodoměr nebo redukční ventil. Konstrukci se jedná o monolitické železobetonové konstrukce nebo mohou být i zděné. Dnes se budují z železobetonových či plastových prefabrikátů. Šachty se umísťují mimo komunikace a jsou označeny viditelnou cedulkou. Odvodnění šachet bývá provedeno gravitačně se zaústěním do stokové sítě. [1]

### ***Vodovodní přípojka***

Slouží pro připojení odběratele k vodovodnímu řádu a je podle stavebního zákona č. 274/2001 Sb. považována za samostatný objekt. Vodovodní přípojka je část potrubí od odbočení vodovodního řádu po vodoměr v objektu. Odbočení s uzavěrem je součástí vodovodního řádu. Od toho to uzavěru je vlastníkem odběratel. Odběratel je vlastník pozemku nebo stavby napojené na vodovodní řád pomocí vodovodní přípojky. Jelikož je odběratel vlastníkem vodovodní přípojky je i jejím zřizovatelem a provozovatelem. Navrhování vodovodní přípojky je stanoveno samostatnou normou ČSN 75 5411. [16]

## **2.6.5 Výkopové a bezvýkopové technologie**

Pro pokládku nového nebo rekonstrukci stávajícího potrubí lze použít výkopové a bez výkopové technologie. Mezi výkopové technologie patří například pluhování nebo častější výkopové rýhy. Při této technologii se naruší krycí vrstva a obnaží se potrubí v celé délce vybraného úseku. Bezvýkopovými technologiemi jsou například Berstlining, relining, grundbrst, cracking a metoda vtlačování a vtahování. Provádí se pomocí vyhloubených dvou jam. Jedna obslužná jáma je startovací a druhá jáma je cílová.



Startovací a cílová jáma jsou ve vzdálenosti dané typem použité metody. Do startovací a cílové jámy se umísťuje daná technologie.[13]

### ***Výkopové technologie***

- **Rýha**

Výkopová rýha je otevřena výkop, kde převládá délka nad šířkou. Používá se pro stavbu nového vodovodního řadu tak i pro rekonstrukce. [5]

- **Pluhování**

Provádí se v nezpevněném území pomocí speciálního pluhu, kterým se naruší zem a současně se zavede nové potrubí. Pluh je na navijáku za tažným vozidlem. Tato technologie vznikla pro kladení kabelu, ale dnes se používá i pro pokládku potrubí do DN 300. [7]

- **Horizontální vrtání**

Provádí se v zastavěném území a ve zpevněných plochách pomocí speciální vrtací soupravy. Je vhodné pro místa, kde dochází ke křížení vodovodu s komunikací a zároveň je nutné zachovat funkčnost komunikace. Metoda spočívá ve vykopání startovací a cílové jámy, mezi kterými se vrtání provede.[5][7]

### ***Bezvýkopové technologie***

- **Burstlining**

Tato technologie se používá u rekonstrukcí potrubí. Jedná se o technologii, kdy se stávající potrubí pomocí trhavé hlavy roztrhá a vtlačí do okolní půdy. Takto vytvořený otvor se použije pro vtažení nového potrubí stejné nebo větší než bylo původní.[13]

- **Metoda vtahování a vtlačování**

Metoda, kdy je pomocí tažných tyčí stávající potrubí vytlačeno ze země a na jeho místo se pomocí vtažové hlavy vtahováno nové potrubí. Jedná se o poměrně rychlou a spolehlivou metodu, kterou používají zejména Berlínské vodárny. Pro tuto metodu se často používá potrubí z tvárné litiny.[13]

- **Relining**

U této metody zůstává staré potrubí zachováno a slouží k vedení nového potrubí menšího průměru. Nové potrubí se vtahuje do pláště původního potrubí pomocí speciální transportní objímky.[13]

- **Compact pipe**

Jedná se o technologii, kdy je do stávajícího potrubí pomocí navijáku zavedeno potrubí z PE přetvarované. S před tvarovaného PE potrubí se působením horké páry natlakované v potrubí vykruží do tvaru stávajícího potrubí. Tato metoda je vhodná pro potrubí o DN 200 až do DN 500.[14]

## 2.7 Základní požadavky na vodu pitnou

Pitná voda je voda, která je určena k pití, úpravě potravin, vaření nebo k hygienickým účelům. Jakost pitné vody je povinen zajistit provozovatel vodovodu. Podle zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví. Za pitnou vodu se nepovažuje voda z přírodního léčivého zdroje nebo minerální voda. Tyto vody jsou podřízeny osvědčení podle zvláštního předpisu.[16]

Hygienickými požadavky na pitnou vodu jsou dány vyhláškou č. 252/2004 Sb. Tato vyhláška udává limity biologických, mikrobiologických, organoleptických, fyzikálních a chemických ukazatelů. Mezi mikrobiologické ukazatele patří například výskyt bakterie *Escherichia coli*, která poukazuje na možné znečištění fekálními vodami.[11] Ke kterému může dojít vlivem netěsnosti potrubí. Chemickými ukazateli jsou například koncentrace Ca a Mg, které mají vliv na potrubí a armatury vodovodního řadu. Fyzikálními ukazateli jsou například zápach, chuť, barva, zákal.[5][11][16]

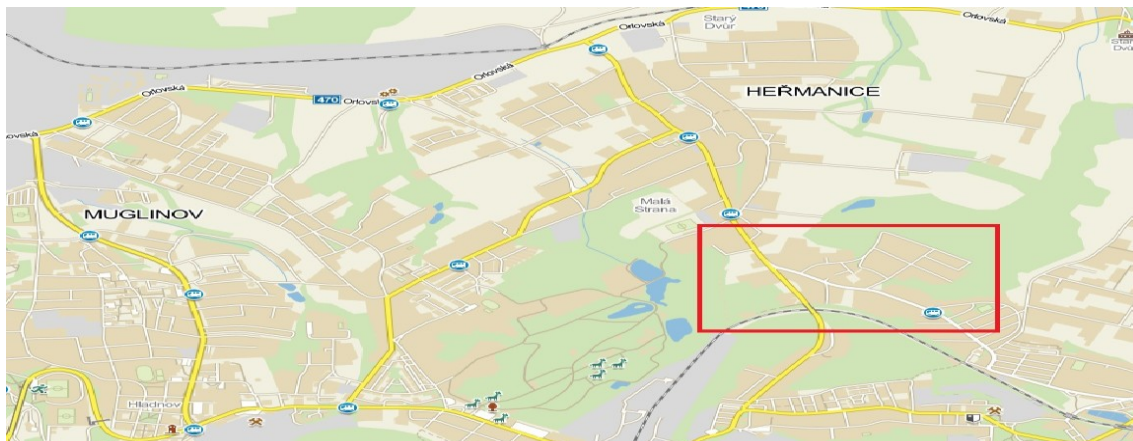
## 3 Popis současného stavu vodovodního řadu v dané lokalitě

### 3.1 Popis lokality

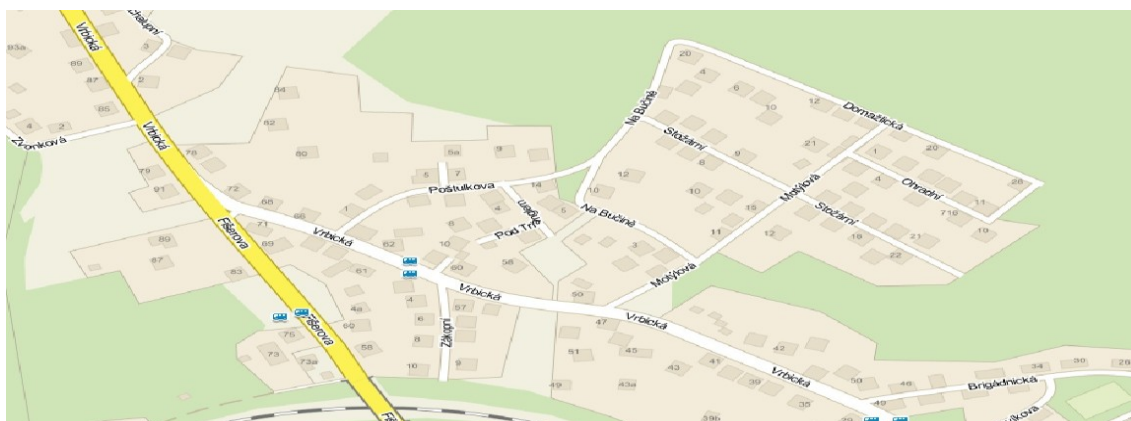
Lokalita pro návrh rekonstrukce vodovodního řadu se nachází v městské části Ostrava - Heřmanice. Rekonstruovaná část vodovodu se nachází v části obce se soustavou zástavbou rodinných domů bez objektů občanské vybavenosti nebo průmyslových objektů sloužících k průmyslové výrobě. Rekonstrukce se týká ulic: Domažlická, Fišerova, Motýlova, Na Bučině, Ohradní, Pod trianglem, Poštulkova, Stožární, Vrbická, Zákopní. Ulice Fišerova a Vrbická jsou dvouproudé komunikace s chodníkem střídavě na obou stranách vozovky. Ostatní ulice jsou přístupové komunikace k rodinným domům. Blízkosti ulic Na Bučině a Domažlická se nachází hustý porost listnatých stromů. Stromy jsou ve vzdálenosti 1,5 m od komunikace. V rekonstruované lokalitě je 143 připojených objektů. Trvale v lokalitě žije 572 obyvatel.

Tab. 1 Popis ulic

Název ulice	Délka [m]	Počet objektů	Kryt komunikace - Stav
Domažlická	343	9	Asfaltový- Narušený
Fišerova	342	14	Asfaltový- Dobrý
Motýlova	349	10	Asfaltový- Dobrý
Na Bučině	366	18	Asfaltový- Dobrý
Ohradní	142	11	Asfaltový-Narušený
Pod trianglem	118	7	Asfaltový- Dobrý
Poštůlkova	238	12	Asfaltový- Dobrý
Stožární	324	20	Asfaltový- Dobrý
Vrbická	590	33	Asfaltový- Dobrý
Zákopní	135	9	Asfaltový- Dobrý
Celkem	2944	143	



Obr. 22 Přehledná mapa lokality [17]



Obr. 23 Podrobná mapa lokality [17]

### 3.2 Geologické poměry

V Ostravě Heřmanicích je podloží tvořeno převážně ze spraší a sprašových hlín z období čtvrtohor (kvartéru). Sprašové hlíny jsou pórovité a stlačitelné sedimenty, které jsou středně únosné. Na území obce Heřmanic se nalézaly zásoby plynu a černého uhlí. Oblast je poddolovaná v důsledku hlubinné těžby v Ostravsko-Karvinském uhelném revíru. V trase vodovodního řádu se nenalézají žádné rizikové svahy, které by hrozily sesuvem a tím narušily trasu vodovodu.[15]

## 4 Koncepční návrh rekonstrukce vodovodu

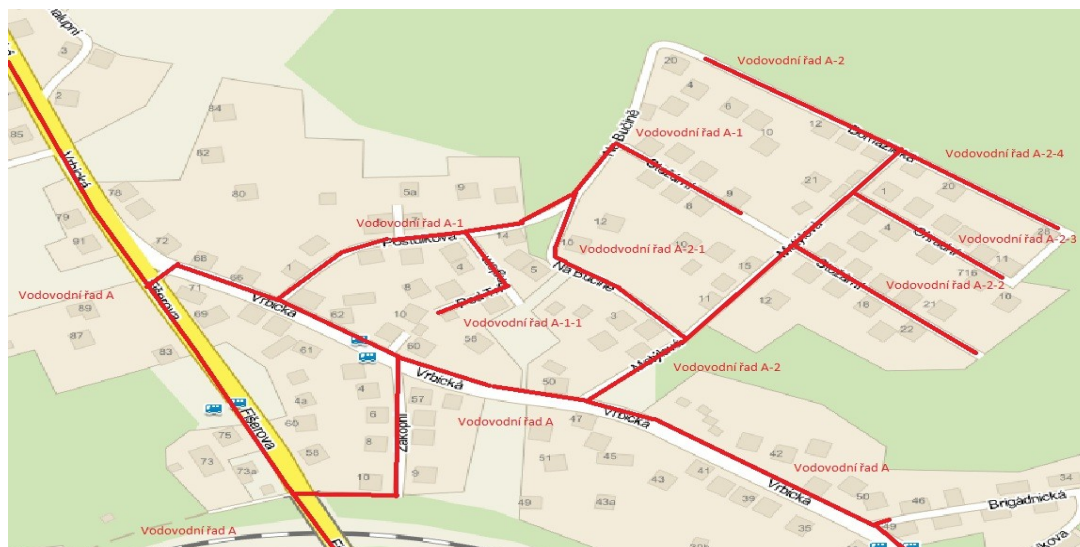
### 4.1 Popis rekonstrukce

#### 4.1.1 Stávající vodovodní řad

Priváděcí hlavní řad prochází ulicemi Vrbická a Fišerova, které jsou hlavními dvouproudými komunikacemi z Heřmanic do Slezské Ostravy. Část řadu určená k rekonstrukci začíná v ulici Vrbická na křižovatce s ulicí Fišerova. Zde začíná řad A a rozděluje se na část pro ulici Fišerovou a Vrbickou. V ulici Fišerova je řad veden v chodníku a je zakončen armaturovou šachtou před silničním mostem. Kde dále pokračuje po ulici Fišerova. V šachtě odbočuje do ulice Zákopní, kde je zacyklen do řadu v ulici Vrbická. V ulici Vrbické je řad veden v okraji vozovky u chodníku až do armaturové šachty na křižovatce s ulicí Brigádnickou. Tato trasa řadu je značena jako řad A. Na řad A je dále napojen řad A-1, který prochází u okraje komunikace v ulici Poštulkova a končí na ulici Stožární. Z řadu A-1 jedna je dále napájen řad A-1-1, který se nachází na ulici Pod trianglem. Řadem A je zásobován řad A-2, se nachází v ulici Motýlova. Tento řad zásobuje ulici Na Bučině ve které se nachází řad A-2-1, který je zacyklen do řadu A-1. Řad A-2-2 je veden v ulici Stožární. Řad A-2 se nadále rozvětjuje v ulici Ohradní na řad A-2-3 a v ulici Domažlická na řad A-2-4. Řad A je dimenzován v DN 150, řad A-2 v DN 100 a řady A-1, A-1-1, A-2-1, A-2-2, A-2-3, A-2-4 v DN 80. Materiálem stávajícího vodovodního řadu je v celém rozsahu šedá litina.

Tab. 2 Popis stávajícího vodovodu

Označení řadu	Délka [m]	DN	Materiál
A	1085	150	Šedá litina
A-1	452	80	Šedá litina
A-1-1	122	80	Šedá litina
A-2	359	100	Šedá litina
A-2-1	202	80	Šedá litina
A-2-2	148	80	Šedá litina
A-2-3	150	80	Šedá litina
A-2-4	142	80	Šedá litina



Obr. 24 Přehledná situace stávajícího vodovodního řadu [17]

#### 4.1.2 Rekonstruovaný vodovodní řad

Rekonstrukce vodovodního řadu spočívá v odkrytí původního rozvodu a demontáži původního potrubí. Dále s rozšířením trasy a navýšení dimenzí vodovodního řadu a změnou materiálu. Rozšíření trasy by se provedlo na řadu A-1 na ulici Poštulkova se zacyklením do řadu A-2-3 na ulici Domažlická. Dále zacyklením řadu A-2-2, kterým by došlo spojením řadu nacházejících se na ulicích Ohradní a Domažlické. Jelikož byly tyto části zacykleny, bylo ve studii pozměněno i značení vodovodních řadů. Tato změna se týká především řadu A-2-1, který byl pře označen na řad A-1-2. Řad A-1-3 byl dříve označen jako řad A-1. Pře označeny byly i řady A-2-2 na řad A-2-1, řady A-2-3 a A-2-4 na řad A-2-2. Řad A-2-3 je část původního A-2. Změna dimenzi by byla provedena na řadu A na DN 250, řadu A-1 a A-2 na DN 160. Řady A-1-1, A-1-2, A-1-3, A-2-1, A-2-2, A-2-3 byly změněny na DN 90. Materiál potrubí řadu byl změněn na PE 100 SDR 11, který je vhodný i pro tlakovou třídu PN 16. Potrubí z PE bylo zvoleno pro jeho vhodnost montáže na poddolovaném území. Podle doporučení Smvak.a.s .

Uložení potrubí bude provedeno do hloubky 1,5 m. Do rýhy s pískovým podsypem o tloušťce 100 mm, obsypem a nadsypem tloušťky 300 mm. Nad nadsyp se pro zasypání použije původní materiál, který bude zhutněn. Podrobné vedení trasy je uvedeno ve výkrese č.1 Podrobná situace, která upřesňuje vedení trasy. Výškové uspořádání vedení trasy podrobně popisují podélné profily jednotlivých řádů uvedených v příloze.

**Tab. 3 Popis návrhu rekonstrukce**

Označení řádu	Délka [m]	DN	Materiál
A	1085	250	PE 100 SDR 11
A-1	436	160	PE 100 SDR 11
A-1-1	122	90	PE 100 SDR 11
A-1-2	202	90	PE 100 SDR 11
A-1-3	183	90	PE 100 SDR 11
A-2	361	160	PE 100 SDR 11
A-2-1	175	90	PE 100 SDR 11
A-2-2	379	90	PE 100 SDR 11
A-2-3	218	90	PE 100 SDR 11



Obr. 25 Přehledná situace návrhu rekonstrukce vodovodního řádu [17]

## 4.2 Hydrostaticky výpočet potrubí

Hydrostaticky výpočet potrubí byl proveden podle níže uvedených vzorců. Pomocí redukovaných délek potrubí a korekce úsekové potřeby vody byla vypočtena jmenovitá světlost potrubí. Do návrhu rekonstrukce bylo podle vypočtené jmenovité světlosti navrženo potrubí nejbližšího vyššího DN dodávaným výrobcem. Tlakové poměry byly ověřeny výpočtem tlaku v bodu B a C.

- 1) Stanovení potřeby vody pro spotřebiště:
  - a) Průměrná denní potřeba vody pro bytový fond spotřebiště

$$Q_{ob1} = N \cdot q_A \quad [l \cdot den^{-1}]$$

N.....počet obyvatel

$q_A$ .....specifická potřeba vody podle úrovně vybavení bytu

- b) Průměrná denní potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost spotřebiště

$$Q_{ob2} = N_C \cdot q_B \quad [l \cdot den^{-1}]$$

$N_C$ .....celkový počet obyvatel ve spotřebišti



$q_B$ .....specifická potřeba vody dle velikosti obce

c) Celková průměrná denní potřeba vody ve spotřebišti

$$Q_p = (Q_{ob1} + Q_{ob2}) + Q_{ze} + Q_{pr} + Q_t \quad [l \cdot den^{-1}]$$

$Q_{ob1}$ .....průměrná denní potřeba vody pro bytový fond

$Q_{ob2}$ .....průměrná denní potřeba pro občanskou a technickou vybavenost

$Q_{ze}$ ..... průměrná denní potřeba pro zemědělskou výrobu

$Q_{pr}$ ..... průměrná denní potřeba pro pracovníky v průmyslu

$Q_t$ ..... provozní voda

d) Maximální denní potřeba vody ve spotřebišti

$$Q_m = (Q_{ob1} + Q_{ob2}) \cdot k_d + Q_{mze} + Q_{mpr} + Q_t \quad [l \cdot den^{-1}]$$

$Q_{ob1}$ .....průměrná denní potřeba vody pro bytový fond

$Q_{ob2}$ .....průměrná denní potřeba pro občanskou a technickou vybavenost

$k_d$ .....součinitel denní nerovnoměrnosti

$Q_{mze}$ ..... maximální denní potřeba pro zemědělskou výrobu

$Q_{mpr}$ ..... maximální denní potřeba pro pracovníky v průmyslu

$Q_t$ ..... provozní voda

e) Maximální hodinová potřeba vody ve spotřebišti

$$Q_h = Q_{mob} \cdot k_h + Q_{hze} + Q_{hpr} + Q_t \quad [l \cdot hod^{-1}]$$

$Q_{mob}$ .....maximální denní potřeba vody pro obyvatelstvo

$k_h$ .....součinitel hodinové nerovnoměrnosti

$Q_{hze}$ ..... maximální hodinová potřeba pro zemědělskou výrobu

$Q_{hpr}$ ..... maximální hodinová potřeba pro pracovníky v průmyslu

$Q_t$ ..... provozní voda

## 2) Stanovení průtoku

Celá síť

- a) Stanovení průtoku celým spotřebišťem vodovodní sítě

$$Q_v = \frac{Q_m}{86400} [m]$$

$Q_{mob}$ .....maximální denní potřeba vody pro obyvatelstvo

- b) Stanovení specifické potřeby pro celé spotřebišťe

$$q_o = \frac{Q_v}{\sum l} [l \cdot m \cdot s^{-1}]$$

$Q_v$ .....průtok celým spotřebišťem

$l$ .....délka úseků

Pro jednotlivé větve

- c) Výpočet redukovaných délek větví vodovodní sítě

$$l_r = l \cdot m [m]$$

$l$ .....délka úseku

$m$ .....součinitel uličního zastavění

- d) Stanovení úsekové potřeby vody

$$q = \frac{Q_v}{\sum l_r} \cdot l_r [l \cdot s^{-1}]$$

$Q_v$ ..... průtok celým spotřebišťem

$l_r$ .....redukována délka

## e) Stanovení uzlové odběru

$$Q_{uz} = \frac{1}{2} \cdot \sum_1^n q \text{ [l} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

q..... úseková potřeba vody

## f) Korekce úsekové potřeby vody po započtení potřeby požární vody

$$q_c = q + q_p \text{ [l} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

q..... úseková potřeba vody

q<sub>p</sub>.....požární potřeba vody

## 3) Hydraulický výpočet světlosti

## a) Výpočet jmenovité světlosti potrubí v závislosti na průtoku

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot q_c}{1000 \cdot \pi \cdot v}} \text{ [m]}$$

q<sub>c</sub>.....korekce úseková potřeba vody

v.....rychlost proudění

## b) Výpočet Reynoldsova čísla

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} [-]$$

v.....rychlost proudění

D..... poloměr

ν.....kinematická viskozita

## c) Výpočet součinitele ztráty třením dle Alšulta pro potrubí světlosti DN 10 až DN 500

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{D} \right)^{0,25} [-]$$

Re..... úseková potřeba vody

$\Delta$ .....drsnost potrubí

D..... poloměr

d) Výpočet tlakové ztráty třením

$$h_{zT} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} [m]$$

$\lambda$ ..... součinitel ztrát třením

d.....průměr potrubí

v..... rychlost proudění

e) Výpočet místních tlakový ztrát

$$h_{zM} = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} [m]$$

v..... rychlost proudění

$\xi$  .....součinitel místních ztrát

f) Stanovení celkové tlakové ztráty v úseku

$$\sum h_z = h_{zT} + h_{zM} [m]$$

$h_{zT}$ ..... tlakové ztráty třením

$h_{zm}$ ..... místních tlakový ztrát

g) Výpočet tlaku v bodě B

$$p_A = \frac{2 \cdot g \cdot (h_A - h_B - h_{ZAB}) - v_B^2}{2} [Pa]$$

$h_A$ .....výška bodu A

$h_B$ .....výška bodu B

$h_{ZAB}$ ..... tlakové ztráty úseku AB

$v_B$ ..... rychlost proudění v potrubí

h) Výpočet tlaku v bodě C

$$p_C = \frac{2 \cdot g \cdot (h_A - h_C - h_{ZAC}) - v_C^2}{2} [Pa]$$

$h_A$ .....výška bodu A

$h_C$ .....výška bodu C

$h_{ZAC}$ ..... tlakové ztráty úseku AC

$v_C$ ..... rychlost proudění v potrubí

Vzorce pro výpočet tlaku v bodech B a C byly odvozeny z Bernoulliho rovnice.

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + g \cdot h_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + g \cdot h_2$$

$p$ .....tlak

$v$ .....rychlost proudění v potrubí

$h$ ..... výška

Výpočet:

a) Průměrná denní potřeba vody pro bytový fond

$N = 572$  Obyvatel

$q_a = 120 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$

$Q_{ob1} = N \cdot q_a = 572 \cdot 120 = 68640 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$

- b) Průměrná denní potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost

$$N_c = 572 \text{ obyvatel}$$

$$q_b = 20 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$Q_{ob2} = N_c \cdot q_b = 572 \cdot 20 = 11440 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

- c) Celková průměrná denní potřeba vody

$$Q_{ze} = 0 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$Q_{pr} = 0 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$Q_t = 0 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$Q_p = (Q_{ob1} + Q_{ob2}) + Q_{ze} + Q_{pr} + Q_t = (68640 + 11440) + 0 + 0 + 0 \\ = 80080 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

- d) Maximální denní potřeba vody

$$Q_{mze} = 0 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$Q_{mpr} = 0 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$Q_t = 0 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$k_d = 1,5$$

$$Q_m = (Q_{ob1} + Q_{ob2}) \cdot k_d + Q_{mze} + Q_{mpr} + Q_t = (68640 + 11440) \cdot 1,5 + 0 + 0 + 0 \\ = 120120 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

- e) Maximální hodinová potřeba vody

$$Q_{mob} = 5005 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$$

$$Q_{hze} = 0 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$$

$$Q_{hpr} = 0 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$$

$$Q_t = 0 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$$

$$k_h = 1,8$$

$$Q_h = Q_{mob} \cdot k_h + Q_{hze} + Q_{hpr} + Q_t = 5005 \cdot 1,8 + 0 + 0 + 0 = 9009 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$$

## 4) Stanovení průtoku

Celá síť

- a) Stanovení průtoku celým spotřebišťem vodovodní sítě

$$Q_v = \frac{Q_m}{86400} = \frac{120120}{86400} = 1,39 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

- b) Stanovení specifické potřeby pro celé spotřebišťe

$$l=3165 \text{ m}$$

$$q_o = \frac{Q_v}{\sum l} = \frac{1,39}{3165} = 0,000439 \text{ l} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

### Pro větev A

c) Výpočet redukovaných délek větví vodovodní sítě

$$l = 1085 \text{ m}$$

$$m = 1$$

$$l_r = l \cdot m = 1085 \cdot 1 = 1085 \text{ m}$$

d) Stanovení úsekové potřeby vody

$$q = \frac{Q_v}{\sum l_r} \cdot l_r = \frac{1,39}{3165} \cdot 1085 = 0,47 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

e) Stanovení uzlové odběru

$$q = 1,39 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_{uz} = \frac{1}{2} \cdot \sum_1^n q = \frac{1}{2} \cdot 1,39 = 0,69 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

f) Korekce úsekové potřeby vody po započtení potřeby požární vody

$$q_p = 7,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$q_c = q + q_p = 61,4 + 7,5 = 68,9 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

5) Hydraulický výpočet světlosti

a) Výpočet jmenovité světlosti potrubí v závislosti na průtoku

$$v = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot q_c}{1000 \cdot \pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 68,9}{1000 \cdot \pi \cdot 1,5}} = 0,242 \text{ m}$$

Pro poloměr 0,242 m je podle výrobce nejbližší DN 250.

b) Výpočet Reynoldsova čísla

$$V = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$D = 0,25 \text{ m}$$

$$v = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{1,5 \cdot 0,250}{1,5 \cdot 10^{-6}} = 246905$$

c) Výpočet součinitele ztráty třením dle Alšulta pro potrubí světlosti DN 10 až DN 500

$$\Delta = 0,000015 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{D} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{246905} + \frac{0,000015}{0,250} \right)^{0,25} = 0,078$$

d) Výpočet tlakové ztráty třením

$$h_{zT} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 0,078 \cdot \frac{1085}{0,250} \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 40,16 \text{ m}$$

e) Výpočet místních tlakových ztrát

$$\xi = 12,1$$

$$h_{zM} = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 12,1 \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 1,38 \text{ m}$$

f) Stanovení celkové tlakové ztráty v úseku

$$\sum h_z = h_{zT} + h_{zM} = 40,16 + 1,38 = 41,55 \text{ m}$$

g) Výpočet tlaku v bodě B

$$h_A = 259,63 \text{ m}$$

$$h_B = 248,96 \text{ m}$$

$$h_{zAB} = 5,7$$

$$p_B = \frac{2 \cdot g \cdot (h_A - h_B - h_{zAB}) - v_b^2}{2} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (259,63 - 248,96 - 15,04) - 1,5^2}{2} = -44,03 \text{ Pa}$$

h) Výpočet tlaku v bodě C

$$h_{zAC} = 4,2$$



$$p_c = \frac{2 \cdot g \cdot (h_A - h_c - h_{ZAC}) - 1,5^2}{2} = \frac{2 \cdot g \cdot (259,63 - 263,72 - 10,4) - 1,5^2}{2} \\ = -144,25 \text{ Pa}$$

Pro výpočet tlaku bylo vybráno místo nejvýše položené a označeno, jako bod B. Nejnižší položené místo na vodovodu bylo označeno jako bod C. Bod B je hydrant na řadu A-2-3 a bod C je hydrant na řadu A-1-2. Tyto body jsou zaznačeny viz. Obr.25.

Pomocí odvozené rovnice z Bernoulliho rovnice pro body B a C. Byl vypočten pokles tlaku v bodě B o 44,03 Pa a pro místo C byl vypočten tlakový pokles o 144,25 Pa. Tyto hodnoty jsou ovšem tak malé že po přičtení na přírodní tlak nedojde k výraznému ovlivnění tlakových poměrů. A neovlivní funkčnost návrhu rekonstrukce.

Hodnoty mezi výpočtů jsou uvedeny v příloze č.14 Tabelární výstup výpočtu návrhu.

**Tab. 4 Souhrnná tabulka dimenzí a tlakových ztát**

Označení řádu	Jmenovitá světlost [m]	DN	Tlaková ztráta řádů[m]
A	0,24	250	41,55
A-1	0,16	160	25,05
A-1-1	0,08	90	15,04
A-1-2	0,08	90	43,75
A-1-3	0,08	90	24,57
A-2	0,16	160	10,59
A-2-1	0,08	90	21,29
A-2-2	0,08	90	45,89
A-2-3	0,08	90	26,64

#### 4.2.1 Analýza zásobního objemu

Princip analýzy je založen na výpočtu objemu vody ve vodovodním řadu. Stanovením přítoku a spotřeby vody ve spotřebišti. Tyto hodnoty byly přepočteny na hodinový přítok a hodinovou spotřebu. Objem vody ve vodovodním řadu byl navýšen o přítok za daný čas. Od toho to objemu byla odečtena spotřeba za čas. Tím to byla stanovena doba, po kterou maximálně může trvat maximální odběr vody ve spotřebišti způsobený obyvateli popřípadě i požárem.

Účelem analýzy bylo posoudit funkčnost řadu v modelových situacích. Tyto situace jsou vybrány tak, aby prověřily funkčnost řadu v nejkritičtějších režimech.

Výpočet objemu potrubí: 
$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \quad [m^3]$$

Výpočet objemového přítoku: 
$$q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v \quad [m^3 \cdot h^{-1}]$$

Stanovení objemu v čase: 
$$V_t = (V + q \cdot t) - q_h \cdot t - q_p \cdot t \quad [m^3]$$

d..... průměr řadu

l..... délka řadu

v..... rychlost proudění

q<sub>h</sub>..... maximální hodinový spotřeba obyvatel

q<sub>p</sub>..... potřeba vody pro hašení

t..... čas [h]

#### **Modelové situace funkce řadu**

1. Situaci je porucha řadu A-1 s přívodem vody pomocí řadu A-2 a maximálním hodinovým odběrem obyvatel bydlících v lokalitě.
2. Situace je porucha řadu A-2 s přívodem vody pomocí řadu A-1 a maximálním hodinovým odběrem obyvatel bydlících v lokalitě.
3. Situace je porucha řadu A-1 a A-2 s maximálním hodinovým odběrem obyvatel.
4. Situace je porucha řadu A-2 s maximálním hodinovým odběrem obyvatel při požáru.
5. Situace je porucha řadu A-1 a A-2 s maximálním hodinovým odběrem obyvatel při požáru.

Tab. 5 Analýza objemu

Situace	Počáteční objem [m <sup>3</sup> ]	Objem hodině [m <sup>3</sup> ] v 1,	Objem hodině [m <sup>3</sup> ] v 2,	Objem hodině [m <sup>3</sup> ] v 3,
1	20,67	17,96	15,25	12,54
2	22,12	19,41	16,70	13,98
3	18,60	14,08	9,56	5,04
4	22,12	18,96	15,80	12,63
5	18,60	13,63	8,66	3,69

Návrh řešení rekonstruovaného vodovodního řadu v analýze zásobního objemu obstál. V modelových situacích se ukázala dostatečná zásoba vody pro uživatele v době maximální spotřeby vody v lokalitě. I v případech požáru v lokalitě bude zásoba vody dostatečná pro minimální dobu hašení 2 hodin.

Analýza zásobního objemu je vhodná pro představu o funkčnosti vodovodní sítě v lokalitě. Jedná se o rychlou a jednoduchou metodu pro zhodnocení vodovodního řadu. Ovšem nevýhodou této metody je nezohlednění tlakových poměrů ve vodovodním řadu a tím dochází k chybě ve výsledku. Například u situace č.3 a č. 5 je řád bez přítoku a tudíž dochází k rychlému snížení tlaku v potrubí. A proto potřebný objem vody bude v potrubí, ale nebude možnost jejího odběru.

Pro přesnější a detailnější řešení těchto návrhů lze použít výpočetní software. Na trhu se vyskytují softwary nadstavbové jako je HydraulCAD, který je nadstavbou pro AutoCAD Civil 3D. Nebo softwary samostatné jako je například Epanet.

### 4.3 Popis části vodovodního řadu

#### 4.3.1 Objekty na rekonstruované části

Na jednotlivých řadech se nacházejí kolena 15°, 30°, 45°, 90°, oblouky 11°, 22°, t-kus 45°, 90°, tt-kus a armatury, jako jsou šoupata, podzemní hydranty a armaturové šachty. K odvzdušnění a k odkalení slouží podzemní hydranty, které lze používat k této funkci. viz. Tabulka Armatur. Podrobné uspořádání armatur je uvedeno v příloze ve výkresu č.2 Kladečské schéma.

Tab. 6 Tvarovky

Tvarovky	DN90 [ks]	DN160 [ks]	DN250 [ks]	Celkem [ks]
Oblouk 11°	4	5	4	13
Oblouk 22°	2	1	0	3
Koleno 30°	4	2	4	10
Koleno 45°	0	0	1	1
Koleno 90°	4	0	1	5

Celkem je na vodovodu 32 ks tvarovek.

Tab. 7 Armatury

Armatury	DN90	DN160	DN250	Celkem
Šoupátko	11	15	13	39
Hydranty	13	9	10	32
Hydrant - Vzdušník	1	0	1	2
Hydrant- Kalnik	2	0	2	4

Na jednotlivých úsecích se nachází 35 elektrotvarovek spojovacích. Pro napojení vodovodních přípojek je potřeba 143 sedlových elektrotvarovek s boční navrtávkou. V návrhu jsou použity 4ks t-kusy 90°, 5ks t-kusu 45° a jeden TT-kus.

#### 4.4 Provedení rekonstrukce

Rekonstrukce bude zahájena vytipováním vhodných míst pro provedení sond. Sondy upřesní stav krytí, výkopovou hloubku, stav stávajícího řadu spolu se směrovým uspořádáním. Sondy budou provedeny nařezáním asfaltového krytu komunikace. Materiál

krytí bude vykopán ručně s ohledem na možný výskyt kabelů telekomunikace a jiných inženýrských sítí, které nebyl upřesněny v podkladových materiálech.

Po provedení sond bude provedeno podrobné zaměření výkopu rýhy. Před započítím výkopových prací se odstraní předměty nacházející se v bezprostřední blízkosti vedení trasy výkopu. Proveďte se ořezání větví stromů, jenž zasahují do míst výkopu a provedou se opatření pro ochranu majetku nacházejícího se v blízkosti prací, tak aby při provádění výkopových prací nedošlo k poškození stromu a majetku v blízkosti prováděné rekonstrukce. Stromy budou chráněny bandážováním. Bandáž bude provedena obmotáním textilie kolem kmene stromu na kterou se přiloží krycí desky a to bude omotáno drátěným pletivem.

Vykopáním rýhy bude provedeno po nařezání asfaltového krytí a následném opatrném odtěžení krycího materiálu. Výkopové práce budou provedeny pomocí bagru. Krycí materiál bude skladován poblíž výkopu, dovolí-li to prostorové uspořádání a neomezí-li to funkčnost používání přilehlé komunikace. V případě omezení funkčnosti bude výkopek odvezen na vybrané místo poblíž rekonstrukce.

Po obnažení potrubí bude řad odpojen od příváděcího řadu ve vybraných úsecích. Následně bude řad demontován spolu s viditelným označením na povrchu. Demontované potrubí bude ihned odvezeno, protože v blízkosti rekonstrukce ho není možno skladovat. O likvidaci demontovaného potrubí se postará stavitel.

Poté se provede začištění dna výkopu a pískový podsyp v tloušťce 100 mm.[9] Na podsyp se bude provádět pokládka PE potrubí. Místa napojení armatur a tvarovek jsou uvedena v kladečském výkrese v příloze číslo 2. Spoje potrubí budou svařovány pomocí elektro-tvarovek podle technologie dané výrobcem. Svařování budou provádět náležitě proškolení pracovníci prováděcí firmy. Vodovodní přípojky budou připojeny na vodovodní řad pomocí boční navrtávky s elektrickou sedlovou armaturou. Pro budoucí zaměření nového stavu bude ve výkopu umístěn kovový vodič. Křížení a souběh s kanalizací je upřesněn ve výkresu č. 3 v zobrazení příčném řezu.

V daném rekonstruovaném úseku se provede tlaková zkouška dle normy ČSN EN 805. Následně bude potrubí vydesinfikováno desinfekčním roztokem. Při kladném výsledku bude potrubí obsypáno pískem a bude umístěn vodící pás. Nadsyp bude zhotoven v tloušťce 300 mm viz. Výkres uložení potrubí v příloze č. 4.[9] K zasypání bude použit materiál odtěžený při obnažování starého řadu. Materiál bude průběžně hutněn vibračním zařízením do výšky pro obnovení konstrukce vozovky. Jednotlivé vrstvy konstrukce vozovky budou náležitě hutněny. Kryt vozovky bude obnoven asfaltem. U komunikací s velmi narušeným krytem vozovky doporučuji obnovit kryt vozovky v celé šířce vozovky.

Při provádění prací nesmí dojít k omezení trvale žijících obyvatel v neúnosné míře. Dopravní dostupnost bude v lokalitě snížena na minimum. Při výkopových pracích na ulici Fišerova a Vrbické bude doprava svedena do jednoho jízdního pruhu a dopravní obslužnost bude řízena pro oba směry kyvadlově pomocí semaforu. Vykop bude viditelně ohraničen dopravními kužely. V ulicích Poštulkova a Motýlova musí být zajištěn průjezd pro rychlou zdravotní pomoc. Doprava ve zbylých ulicích bude vzhledem k rozsahu prací omezena na

přístup pouze pro pěší. Výkopy bránícím vstupu do objektu budou přemostěny pomocí bezpečných lávek.

V době trvání rekonstrukce je provozovatel řadu povinen zajistit nouzovou dopravu vody pomocí cisteren. Postup prací na jednotlivých úsecích vodovodního řadu si volí prováděcí firma v závislosti na dodržení výše uvedeného postupu.

## Rozpočet pro provedení rekonstrukce

Pro stanovení předběžného rozpočtu byly vyhledány jednotkové ceny pro materiál a práce potřebné pro rekonstrukci vodovodu. Pro porovnání možnosti použití bezvýkopové technologie byl stanoven předběžný rozpočet i pro tuto variantu.

**Tab. 8** Jednotková cena tvarovek a armatur

Armatury a tvarovky	Cena pro DN 90 [Kč]	Cena pro DN160 [Kč]	Cena pro DN250 [Kč]
Oblouk 11°, 22°	1100	2800	11500
Koleno 30°, 45°, 90°	500	1400	5000
T-kus 45°, 90°	0	3000	7000
Navrtávací pas	3000	3000	3000
El. spojky	1200	1200	1200
Šoupatko	5500	9000	19000
Hydrant	10000	0	0
Potrubí	170	550	1300

Tab. 9 Cena armatur, tvarovek, potrubí

Armatury a tvarovky	Cena pro DN 90 [Kč]	Cena pro DN160 [Kč]	Cena pro DN250 [Kč]
Oblouk 11°, 22	4400	14000	46000
T-kus 45°, 90	0	18000	15000
Navrtávací pas	100000	129000	200000
El. spojky	10000	10000	22000
Šoupatko	60500	135000	247000
Hydrant	380000	0	0
Potrubí	218450	438350	1410500

Celkem za armatury, tvarovky a potrubí 3.533.000 Kč

Tab. 10 Tabulka prací a materiálu

Práce a materiál	Objem práce	Cena za jednotku	Celkem
Výkopové	2533 m <sup>3</sup>	600 Kč·m <sup>-3</sup>	1520160 Kč
Demontáž	2660 m	200 Kč·m	532000 Kč
Pokládka písku	3167 m	200 Kč·m	633400 Kč
Asfaltování	1583 m <sup>2</sup>	275 Kč·m <sup>-2</sup>	440000 Kč
Písek	423 m <sup>3</sup>	700 Kč·m <sup>-3</sup>	296000 Kč

Celkem za práci a materiál 3.420.000 Kč.

Cena za práci, materiál a vodovod je 6.953.000 Kč

Celkový předběžný rozpočet na rekonstrukci vodovodu po započtení 20% rezervy je 8.340.000 Kč.

Pro variantu s použitím bezvýkopové technologie metodou vtlačování a vtahování je cena  $1600 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-1}$  i s vložením nového rozvodu. V případě kdyby bezvýkopová technologie nahradila výkopovou technologii, je konečná cena předběžného rozpočtu s 20% rezervou 10.320.000 Kč.

Z ekonomických důvodů je mnohem úspornější varianta s použitím klasické výkopové technologie.

## 5 Závěr

Vlivem omezené životnosti materiálů, které byly používány k vybudování vodovodních distribučních systémů. A rostoucími nároky na zásobování pitnou vodou, které jsou charakterizovány kvalitativními tak množstvími požadavky obyvatel nebo průmyslu na dodávanou pitnou vodu. Pro kompenzaci těchto požadavků je nutno stávající systém distribuce rekonstruovat a zvyšovat jeho účinnost a funkčnost a proto, se v budoucnu budou přednostně provádět rekonstrukce vodovodních řádů před výstavbou nových řádů.

V mé bakalářské práci jsem se zaměřil vlivem tohoto vývoje na strukturu distribučního systému od zdroje surové vody až po rozvodný systém. Zdroje surové vody jsem popsal podle obecného členění na podzemní a povrchové se svými individuálními specifikacemi. Tyto specifikace ovlivnily metodu jímání těchto vod, kterou jsem popsal s uvedením základních zařízení pro jímání. Nedílnou součástí tohoto systému je úprava vody, která je svými procesy velice specifická a složitá. Proto jsem tu to část distribučního systému popsal základními procesy s uvedením používaných procesů pro jednotlivé zdroje vody. Distribuce probíhá pomocí tlakové potrubní sítě, která je cílem rekonstrukcí. Proto jsem se zaměřil na její charakteristiku z pohledu rozměru, materiálů a způsobu vedení, uložení a pokládky s popisem její funkčních částí a objektů na ní umístěných. Tyto popisy byly obsahem teoretické části mé práce.

V praktické části jsem navrhoval řešení rekonstrukce vodovodního řádu v Ostravě – Heřmanicích. Pro tento návrh jsem nejprve provedl popis této lokality pomocí mapových podkladů spojený s návštěvou místa návrhu rekonstrukce. Z těchto informací spolu s informacemi o vedení stávajícího stavu vodovodu jsem navrhl vedení nové vodovodní sítě.

Polohové uspořádání jsem zakreslil do výkresu č.1 Podrobné situace zpracované v programu AutoCAD společnosti Autodesk. Výškové uspořádání jsem zakreslil pomocí programu Winplan do podélných profilů jednotlivých řádů. Pro funkčnost návrhu jsem navrhl umístění armatur a tento návrh jsem za kreslil v kladečském schématu. Pro vhodné uložení potrubí do země jsem toto uložení navrhl ve výkrese č.4 Uložení potrubí. Pro případné křížení a souběh vodovodu s kanalizační stokou jsem nakreslil výkres č. 3 Vzorový příčný řez. Pro mnou navrženou trasu vodovodu jsem provedl hydraulický výpočet. V hydraulickém výpočtu jsem vypočetl vhodnou jmenovitou světlost potrubí



v jednotlivých řádech, tlakovou ztrátu v jednotlivých řádech a tlakové posouzení pomocí vhodných bodů vybraných na navrhované trase. Pro doložení funkčnosti tohoto návrhu jsem zpracoval analýzu zásobního objemu v potrubí pro 5 modelových situací. V písemné části jsem popsal technologii a průběh realizace této rekonstrukce s možným předběžným rozpočtem na realizaci tohoto návrhu a možností provedení s bezvýkopovou technologií či alternativní vhodnou kombinací.

Volba navrhované trasy pro rekonstrukci vodovodu byla oproti stávajícímu stavu zacyklena s cílem zvýšení bezporuchovosti dodávek pitné vody pro obyvatelstvo a minimalizaci stagnace vody ve vodovodním potrubí. Pro požární potřebu byly vhodně rozmístěny podzemní hydranty a navýšeno DN potrubí. Některé hydranty umístěné v nejnižším a nejvyšším bodě budou zároveň sloužit jako vzdušníky a kalníky pro zajištění správné funkce návrhu. Pro dlouhou životnost a možnost pokládky na poddolovaném území bylo zvoleno PE potrubí.

Předběžný rozpočet návrhu rekonstrukce vodovodního potrubí je ekonomicky příznivější pro variantu s použitím klasické výkopové technologie než pro použití bezvýkopové technologie. Vhodnou alternativou by mohla být kombinace těchto technologií s příznivým ekonomickým dopadem. Celý návrh byl koncepcí pro zvýšení životaschopnosti v lokalitě s minimálními negativními dopady na životní prostředí s únosnou ekonomickou zátěží.

## 6 Seznamy

### 6.1 Bibliografické citace

- [1] HASÍK, Otakar. *Stavby vodovodů a kanalizací*. 2., upr. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009. 132 s. ISBN 978-80-248-1984-6.
- [2] BROŽA, Vojtěch et al. *Vodohospodářské stavby*. Vyd. 3. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. 162 s. ISBN 80-01-03175-6.
- [3] GRÜN WALD, Alexander, ŠRYTR, Petr a MACEK, Lubomír. *Vodárenství*. 1. vyd. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1998. 189 s. Řada C - Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika; TK 11. ISBN 80-902460-7-9.
- [4] *Vodovody a kanalizace Brno 2008: 1. odborná konference s mezinárodní účastí: sborník přednášek: Brno, 2.-3.4.2008*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 122 s. ISBN 978-80-7204-579-2.
- [5] MARTOŇ, Jozef a ČERMÁK, Oskar. *Vodárenstvo*. 1. vyd. Bratislava: Slov. vysoká škola technická, Stavebná fak., 1991. 188 s.

- [6] FIALA, Jaroslav, KAURA, Jiří a SÁDLO, Josef. *Stavby vodní a meliorační: učební text pro 4. roč. stř. prům. škol stavebních stud. zaměřením Vodohospodářské stavby*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1980. 312 s.
- [7] MILERSKI, Rudolf, MIČÍN, Jan a VESELÝ, Jaroslav. *Vodohospodářské stavby*. Vyd. 2., V Akademickém nakladatelství CERM 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. 164 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-7204-759-8.
- [8] ČSN EN 805 Vodárenství – Požadavky na vnější sítě a jejich součástí, Český normalizační institut, 2001, 52 s.
- [9] ČSN 75 5401 Navrhování vodovního potrubí, Český normalizační institut, 2007, 12 s.
- [10] KROČOVÁ, Šárka. *Strategie dodávek pitné vody*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. 158 s. SPBI Spektrum. Červená řada; 63. ISBN 978-80-7385-072-2.
- [11] GRAY, N. F. *Drinking water quality*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. xvi, 520 s. ISBN 978-0-521-70253-9.
- [12] NOVOSADOVÁ, Tatiana, ed. a SEHNÁLKOVÁ, Zuzana, ed. *Zásobovanie pitnou vodou: výberová bibliografia*. Košice: Štátna vedecká knižnica, 1982. 116 s. Série A. Bibliografie; 10/82.
- [13] DUKTUS, *Potrubí z tvárné litiny pro bezvýkopové technologie*. [Online][Citace: 20.04.2014.] [http://www.duktus.com/fileadmin/Daten/BGW/PDF\\_PPT/prospekte/Grabenlos\\_cz.pdf](http://www.duktus.com/fileadmin/Daten/BGW/PDF_PPT/prospekte/Grabenlos_cz.pdf).
- [14] WAVIN EKOPLASTIK. *Compact pipe*. [Online][Citace: 20.04.2014.] <http://www.wavin.cz/cz/compactpipe>.
- [15] ČESKA GEOLOGICKÁ SLUŽBA. *Mapové aplikace ČGScompact*. [Online][Citace: 20.04.2014.] <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>.
- [16] TUHOVČÁK, Ladislav, ADLER, Pavel, KUČERA, Tomáš a RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Vodárenství*, V Akademickém nakladatelství CERM 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 155 s. Učební texty vysokých škol.
- [17] SEZNAM.CZ. *mapy*. [Online][Citace: 20.04.2014.] <http://www.mapy.cz/>.

## 6.2 Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma tlakových poměrů[3] .....	2
Obr. 2 Schéma distribučního systému[16].....	3
Obr. 3 Šachtová studna[3].....	4
Obr. 4 Jímací zářez[16].....	5
Obr. 5 Břehové odebírací zařízení[13] .....	6
Obr. 6 Věžové odebírací zařízení[3] .....	6
Obr. 7 F-kus[16] .....	11
Obr. 8 FF-kus[16] .....	11
Obr. 9 T-kus 90°[16].....	11
Obr. 10 T-kus 45° [16].....	11
Obr. 11 TT-kus [16].....	12
Obr. 13 Koleno 90°s patkou [16].....	12
Obr. 14 U-kus [16].....	12
Obr. 15 R-kus [16] .....	12
Obr. 16 X-kus [16].....	12
Obr. 12 Koleno [16].....	12
Obr. 17 Šoupatko[vlastní foto autora].....	13
Obr. 18 Podzemní hydrant[vlastní foto autora].....	14
Obr. 19 Nadzemní hydrantvlastní foto autora] .....	15
Obr. 20 Půdorys a řez kruhovým podzemním vodojemem [3].....	16
Obr. 21 Ocelový věžový vodojem s popisem [3].....	16
Obr. 22 Přehledná mapa lokality [17].....	21
Obr. 23 Podrobná mapa lokality [17] .....	21
Obr. 24 Přehledná situace stávajícího vodovodního řadu [17].....	23

Obr. 25 Přehledná situace návrhu rekonstrukce vodovodního řadu [17] .....	25
---	----

### 6.3 Seznam tabulek

Tab. 1 Popis ulic .....	20
Tab. 2 Popis stávajícího vodovodu .....	22
Tab. 3 Popis návrhu rekonstrukce.....	24
Tab. 4 Souhrnná tabulka dimenzí a tlakových ztát.....	34
Tab. 5 Analýza objemu .....	36
Tab. 6 Tvarovky.....	37
Tab. 7 Armatury.....	37
Tab. 8 Jednotková cena tvarovek a armatur .....	39
Tab. 9 Cena armatur, tvarovek, potrubí .....	40
Tab. 10 Tabulka prací a materialu .....	40

## **6.4 Seznam příloh**

Příloha č. 1 Tabeleární výstup výpočtu návrhu

Výkres č. 1 Podrobná situace

Výkres č. 2 Kladečské schéma

Výkres č. 3 Vzorový příčný řez

Výkres č. 4 Uložení potrubí

Výkres č. 5 Podélný profil řádu A

Výkres č. 6 Podélný profil řádu A-1

Výkres č. 7 Podélný profil řádu A-1-1

Výkres č. 8 Podélný profil řádu A-1-2

Výkres č. 9 Podélný profil řádu A-1-3

Výkres č. 10 Podélný profil řádu A-2

Výkres č. 11 Podélný profil řádu A-2-1

Výkres č. 12 Podélný profil řádu A-2-2

Výkres č. 13 Podélný profil řádu A-2-3